

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 10 月 16 日 (16.10.2003)

PCT

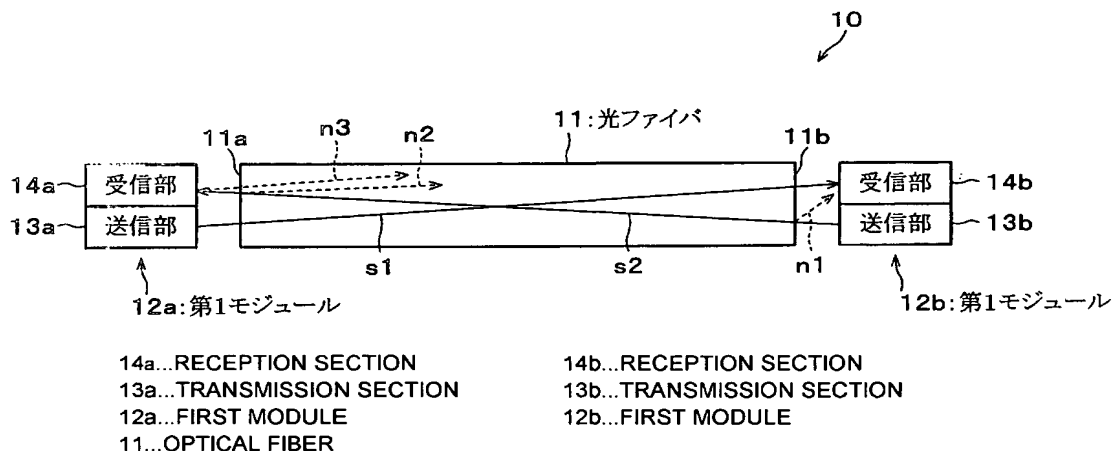
(10) 国際公開番号
WO 03/085864 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04B 10/12 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/04217 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 頼成 (ISHII, Yorishige) [JP/JP]; 〒635-0052 奈良県 大和高田市 奥田 5 0 5 Nara (JP). 田村 壽宏 (TAMURA, Toshihiro) [JP/JP]; 〒636-0302 奈良県 磯城郡 田原本町 宮古 3 5 2-5 Nara (JP). 岩木 哲男 (IWAKI, Tetsuo) [JP/JP]; 〒639-1041 奈良県 大和郡 山市 満願寺町 8 1 4-3 1 Nara (JP). 倉田 幸夫 (KURATA, Yukio) [JP/JP]; 〒632-0095 奈良県 天理市 喜殿町 1 4 8-1 Nara (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 4 月 2 日 (02.04.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2002-103080 2002 年 4 月 4 日 (04.04.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒545-8522 大阪府 大阪市 阿倍野区長池町 2 2-2 2 Osaka (JP).
(74) 代理人: 原 謙三, 外 (HARA, Kenzo et al.); 〒530-0041 大阪府 大阪市 北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所 Osaka (JP).
(81) 指定国 (国内): CN, US.

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 光通信システムの製造方法



(57) Abstract: Arrangement of a first module (12a) with respect to an optical fiber (11) is decided according to reception efficiency of the light emitted from the optical fiber (11) and received by the first module (12a). The connection optical output of the first module (12a) to the optical fiber (11) is set so as to satisfy a predetermined expression according to a value of far end reflectance of the first module (12a) side in that arrangement. By deciding the condition significantly affecting the eye numerical aperture with a higher priority, it is possible to increase the degree of freedom of manufacturing and manufacture an optical communication system at a low cost. Thus, it is possible to provide an optical communication system manufacturing method capable of increasing the degree of freedom of manufacturing and manufacturing an optical communication system at a low cost.

(57) 要約: 光ファイバ (11) からの出射光の第 1 モジュール (12a) への受信効率に基づいて光ファイバ (11) に対する第 1 モジュール (12a) の配置を決定し、その配置における第 1 モジュール (12a) 側の遠端反射率の値に応じて、所定の数式を満たすように第 1 モジュール (12a) の光ファイバ (11) への結合光出力を設定する。アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができるようになる。製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができる、光通信システムの製造方法を提供する。

WO 03/085864 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光通信システムの製造方法

技術分野

5 本発明は、1本の光ファイバと、この光ファイバの両端にそれぞれ設けられたモジュールを備え、各モジュールが光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法に関するものである。

背景技術

10 従来、一芯全二重双方向通信の家庭内での応用が提案されている。
図10は、家庭における一芯全二重双方向通信の応用例を示す概念図である。この応用例では、TV、PC等の電化製品が一芯全二重双方向通信可能な光ファイバ10を利用して互いに接続されており、これにより家庭内マルチメディアネットワークが構築されている。また、家庭内マ
15 ルチメディアネットワークは、ゲートウェイ等を介して外部のネットワークと接続されている。

20 2000年度にはデジタル放送が開始され、さらにあと数年するとFTTH（ファイバツーザホーム）が一般家庭へ接続されることがごく普通になる。FTTHに対応するためには、上記家庭内の光ファイバに最大100Mbpsの伝送容量が要求される。また、デジタル放送に対応するためにも、ほぼ同程度の容量が要求される。さらに、ネットワーク型ゲーム機やデジタル動画編集機等による通信も上記家庭内の光ファイ

バを介して行われるようになる。

このように、高画質の動画伝送を中心とした通信を実現するために、家庭内の通信には数 100 Mbps の伝送容量を有し、誤りの少ない高品質の伝送方式が要求される。

5 このような伝送方式の 1 つとして IEEE 1394 による家庭内ネットワークが注目されてきている。IEEE 1394 は、長距離伝送および非常に低い誤り率 (BER (ビット誤り率、ビットエラーレート)) で 10^{-12} 未満) をサポートしており、家庭内マルチメディアネットワークにとって非常に優れた方式であると考えられている。長距離伝送の媒
10 体としては、マルチモードの石英ファイバと POF (Plastic Optical Fiber) が考えられているが、中でも POF は口径が大きい故に接続が容易で使いやすい特徴を備えている。

ところで、一芯全二重双方向通信の実現のために、それに用いられる各部材の様々な構造が提案されている。例えば、日本国公開特許公報
15 「特開平 11-237535 号公報 (1999 年 8 月 31 日公開)」
(文献 1) には、光送受信を行う場合の光クロストークの発生を防ぐことができる光送受信装置の構造が開示されている。

図 11 は、上記公報に開示されている光送受信装置 100 の概略構成を示す斜視図である。この光送受信装置 100 は、第 1 信号光 (レーザ光) s1 を出射するレーザ発光源 101 と、光ファイバ 111 の端面 111a から出射する第 2 信号光 s2 の出射方向とは異なる方向から第 1 信号光 s1 を光ファイバ 111 の端面 111a に対して入射させる光学装置 102 と、光ファイバ 111 の端面 111a から出射する第 2 信号光 s2 を受光するフォトダイオード 103 とを有している。そして、こ
20

の光送受信装置 100 では、第 1 信号光 s_1 を光ファイバ 111 の端面 111a に入射させた際に第 1 信号光 s_1 が光ファイバ 111 の端面 111a で反射することで生じる反射光 s_3 が到達する領域外に、フォトダイオード 103 を配置する構造を採用し、これによって近端反射光雑音による光クロストークの防止を図っている。

また、IEEE 1394 のサポートする長距離伝送および低誤り率を実現するための、受信光と光クロストークとの比（光クロストーク比）に関する条件の検証もなされている。例えば、日経エレクトロニクス 2000. 12. 4 (no. 784) 号（2000 年 12 月 4 日発行）の 167 頁～176 頁「10m を IEEE 1394 でつなぐ光伝送技術『OP i. LINK』」（文献 2）には、一芯の POF による全二重通信を行う場合の光クロストークの規定がモデル化されている。

これによると、上記 $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、受信光の振幅がガウシアン雑音の分散に対して 19 倍以上であることが必要であり、この関係をもとにシミュレーションや実験のデータ解析を行った結果、光クロストークの振幅が受信光の振幅に対して $1/4$ 以下、すなわち、光クロストーク比が 6.0 dB 以上となることが必要であるとされている。

ところで、一芯全二重双方向通信方式では、上記文献 1 にて考慮されている近端反射による光クロストークだけではなく、遠端反射による光クロストークもノイズ（光クロストークノイズ）となって現れる。したがって、遠端反射による光クロストークノイズをも抑える必要がある。これは、一芯全二重双方向通信方式に特有の課題であり、二芯ファイバを用いて全二重双方向通信を行った場合には考慮しなくてもよい課題で

ある。

しかし、上記文献 1 では、光ファイバ 1 1 1 の端面 1 1 1 a において発生する第 1 信号光 s 1 の光クロストークに関しては記載されているが、光ファイバ 1 1 1 の出射端や相手モジュールで発生する反射戻り光による光クロストークに関しては考慮されていない。

したがって、上記文献 1 に開示された技術に基づいたとしても、必ずしも所望とする範囲までビット誤り率を低減することはできない。

また、上記文献 2 では、光ファイバの出射端や相手モジュールで発生する反射戻り光による光クロストークに関しても記載されているが、各種パラメータに対する許容光クロストーク量が一律に規定されているのみである。

したがって、上記文献 2 に開示された条件に基づいて光通信システムを構成しようとした場合、各部材の光学系等の設計に要求される条件が厳しくなり、その結果、光通信システムのコストアップを招来することになる。

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができる、光通信システムの製造方法を提供することにある。

発明の開示

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、

上記第 2 モジュールからの出射光に関する上記第 1 モジュールと上記光ファイバの上記第 1 モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_$ 、上記第 1 モジュールの上記光ファイバへの結合光出力を $S1_$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を $Smax$ 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を $PTmin$ 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を $PTmax$ 、上記第 2 モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 $Smax$ となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第 2 モジュール側端面および上記第 2 モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第 2 モジュールで受光される光量の上記 $Smax$ に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第 2 モジュールへの最小受信効率を $Rmin$ 、上記第 2 モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を $Namp$ 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第 2 モジュールにおいて上記第 2 モジュールからの出射光による上記第 2 モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第 2 モジュールで受信する光信号の光量の上記 $Namp$ に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第 1 モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第 1 モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、数式 5 を満たすように上記 $S1_$ を設定する。

(数式 5)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * \left(\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2 \right) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_{-} * PT_{\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * \left(\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2 \right) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_{-} * PT_{\min}}$$

上記の方法では、光ファイバからの出射光の第 1 モジュールへの受信効率を優先的に考えて光ファイバに対する第 1 モジュールの配置を決定することができる。したがって、第 1 モジュールでの受信効率が悪化することを避けることができる。ここで、第 1 モジュール側における受信効率と遠端反射率 FR_{-} とはトレードオフの関係にあり、受信効率を向上させると遠端反射率 FR_{-} が高くなる傾向にある。そして、第 1 モジュール側における遠端反射率 FR_{-} が高くなると、第 2 モジュールでのアイ開口率に悪影響を与えることになる。

そこで、上記の方法では、遠端反射率 FR_{-} に応じて数式 5 を満たすように第 1 モジュールの光ファイバへの結合光出力 $S1_{-}$ を設定する。これにより、第 2 モジュールのアンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を満たすようにできる。

ここで、第 1 モジュール側における受信効率を優先的に考えたのは次の理由による。すなわち、本願出願人は、受信側のアイ開口率を向上するためには、受信側の受信効率の方が送信側の遠端反射率より大きく影響することを見出した。したがって、第 1 モジュール側における受信効率を優先的に考えてこれを高くするように第 1 モジュールを配置しておくと、第 1 モジュール側のアイ開口率の向上を図る際の条件がより緩や

かになる。このことから、送信側（ここでは第1モジュール側）における受信効率を優先的に考えて送信側の配置を決定する方が全体としてより緩やかな条件で光通信システムを製造することができるようになる。

このように、アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定
5 していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができるようになる。

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、
10 上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{\text{—}}$ 、上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールの上記光ファイバへの結合光出力のバラツキの
15 最小値を $S1min_{\text{—}}$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を $Smax$ 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を $PTmin$ 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値
20 を $PTmax$ 、上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 $Smax$ となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 $Smax$ に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュ

ールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第 2 モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第 2 モジュールにおいて上記第 2 モジュールからの出射光による上記第 2 モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第 2 モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第 1 モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第 1 モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、 $S1min_in_$ が数式 6 を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第 1 モジュールとして用いる。

(数式 6)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1min_ * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1min_ * PT_{min}}$$

上記の方法では、第 1 モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定するのではなく、同一種類のモジュールでの特性のバラツキを考慮して、何れの種類のモジュールを第 1 モジュールとして採用するかを決定することができる。これにより、モジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、

5 上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{\text{—}}$ 、上記第1モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率を $PT1_{\text{—}}$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を S_{min} 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{max} 、上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記

10

15

20

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率

をXとしたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記FR_の値に応じて、数式7を満たすように上記PT1_を設定する。

5 (数式7)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_}$$

上記の方法では、第1モジュールの光ファイバへの結合光出力S1_の代わりに、第1モジュールからの出射光に関する光ファイバでの透過効率PT1_によって、第2モジュールのアンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を満たすようにできる。

15 本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、
 20 上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率をFR_、上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率のバラツキの最小値をPT1min_、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値をS

min、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を P_{Tmax} 、上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、 $P_{T1min_}$ が数式8を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第1モジュールとして用いる。

(数式 8)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

5

10

上記の方法では、第 1 モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定するのではなく、同一種類のモジュールでの特性のバラツキを考慮して、何れの種類のモジュールを第 1 モジュールとして採用するかを決定することができる。これにより、モジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

なお、上記の光通信システムの製造方法において、上記光ファイバとして一般に口径の大きいプラスチック光ファイバを用いる場合により適している。

15

本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

図面の簡単な説明

20

図 1 は、一芯全二重双方向通信における信号光と反射戻り光（雑音光）との関係を示す概念図である。

図 2 は、必要アイ開口率を説明するためのアイパターンを表した図面である。

図 3 は、信号雑音比 SN と光ファイバのファイバ長との関係を表すグ

ラフである。

図4は、信号雑音比 SN と光ファイバのファイバ長との関係を表すグラフである。

図5は、送信側ファイバ結合光出力と許容遠端反射率との関係を示す
5 グラフである。

図6は、送信光透過効率と許容遠端反射率との関係を示すグラフである。

図7は、受信効率と、受信器からの遠端反射率との関係を表すグラフである。

図8 (a) (b) は、光ファイバから出射される光の受信器への受信
0 効率と遠端反射率とがトレードオフの関係にあることを説明するための
図面である。

図9 (a) (b) は、受信効率と遠端反射率とがアイ開口率 IO にどのような影響を及ぼすかを調べた結果を表すグラフである。

図10は、家庭における一芯全二重双方向通信の応用例を示す概念図
15 である。

図11は、従来の光送受信装置の概略構成を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

20 本発明の実施の一形態について図1から図9 (b) に基づいて説明すれば、以下の通りである。

図1は、一芯全二重双方向通信における信号光と反射戻り光（雑音光）との関係を示す概念図である。

本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム10（光通信シ

システム) は、P O F 等のマルチモード光ファイバを伝送媒体として、家庭内通信や電子機器間通信、L A N (Local Area Network) 等に使用することのできるものである。

図 1 に基づいて、光ファイバの端面や相手モジュールで発生する反射戻り光による光クロストークについて具体的に説明する。

一芯全二重双方向通信には、光ファイバ 1 1 (例えば P O F) と、光ファイバ 1 1 の両端面 1 1 a ・ 1 1 b にそれぞれ設けられた第 1 および第 2 モジュール 1 2 a ・ 1 2 b (光通信モジュール) とが備えられ、第 1 および第 2 モジュール 1 2 a ・ 1 2 b が光ファイバ 1 1 を介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な一芯全二重双方向光通信システム 1 0 が用いられる。第 1 モジュール 1 2 a は、送信部 1 3 a および受信部 1 4 a を備えており、送信部 1 3 a により第 2 モジュール 1 2 b に対して信号光 s 1 を送信 (出射) するとともに、受信部 1 4 a により第 2 モジュール 1 2 b からの信号光 s 2 を受信 (受光) する。同様に、第 2 モジュール 1 2 b は、送信部 1 3 b および受信部 1 4 b を備えており、送信部 1 3 b により第 1 モジュール 1 2 a に対して信号光 s 2 を送信するとともに、受信部 1 4 b により第 1 モジュール 1 2 a からの信号光 s 1 を受信する。

このように、一芯全二重双方向光通信システム 1 0 では、第 1 モジュール 1 2 a でも第 2 モジュール 1 2 b でも信号光の送受信が可能であるが、ここでは説明の便宜上、第 1 モジュール 1 2 a から送信された信号光 s 1 の、第 2 モジュール 1 2 b による受信における光クロストークの影響に注目することにする。

信号光 s 1 は第 1 モジュール 1 2 a の送信部 1 3 a より発せられ、光

ファイバ11を透過した後、第2モジュール12bの受信部14bに到達する。このとき、全二重通信を行うには第2モジュール12bでも、信号光s1を受信しつつ第1モジュール12aへ信号光s2を発している。この信号光s2は、第2モジュール12bにて受信すべき信号光s1に対する雑音である光クロストークを生じさせることになる。この光クロストークは、第1モジュール12aと第2モジュール12bとの間の各界面での反射戻り光として発生する。

具体的には、第2モジュール12bの受信部14bでの光クロストークとして、信号光s2の光ファイバ11入射側の端面11bにおける反射戻り光n1、信号光s2の光ファイバ11出射側の端面11aからの反射戻り光n2、および信号光s2の第1モジュール12aでの反射戻り光n3の3種類の反射戻り光が存在することになる。ここで、反射戻り光n1が近端反射、反射戻り光n2・n3が遠端反射と呼ばれ、反射戻り光n1～n3の合計が信号光s1に対する光クロストークとなる。

一芯全二重双方向通信において、上述した $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、信号光s1による信号成分に対し、相手側の信号光s2による反射戻り光n1～n3の合計を所定の値未満に抑える必要がある。

従来の技術の項で説明した文献2では、遠端反射による光クロストークの最大値を一律に規定して考えている。しかし、遠端反射として一律に規定した値を実現するように一芯全二重双方向光通信システム10を構成しようとする、第1および第2モジュール12a・12bの設計マージンが小さくなり、光学設計の自由度が小さくなってしまう。このように光学設計の自由度が小さくなると、量産設計時に制約が多くなり、その結果として一芯全二重双方向光通信システム10のコストの増大を

招来する。また、遠端反射による光クロストークの最大値を一律に規定した規格を定めると、上記のような問題が当該規格への他企業の参入への障害となり、普及を促進することが難しくなってしまう。

そこで、光学設計の自由度を確保しつつ一芯全二重双方向光通信システム10において $BER < 10^{-12}$ を実現するための条件について以下に説明する。

まず、反射戻り光 $n1 \sim n3$ がない場合を考える。反射戻り光 $n1 \sim n3$ による光クロストークがない場合、 $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、第2モジュール12bの受信部14bに備えられたフォトダイオード(PD)に結合する信号光の光量である信号光量 S と、初段のプリアンプによる雑音電流の rms 値を光量に換算した値であるアンプ雑音 N_{amp} とが数式9を満たす必要がある。

(数式9)

$$\frac{S}{N_{amp}} > 14.1$$

数式9では、一芯全二重双方向光通信システム10が $BER < 10^{-12}$ を満足する場合を想定している。ここで、光信号と電気信号とを等価的に考え(つまり、受光した光の振幅と、受光した光をフォトダイオードで電気信号に変換したときの電気信号の振幅とを等価的に考え)、光信号が2値信号の「0」を意味しているのか「1」を意味しているのかを、光信号に対応する電気信号の振幅の $1/2$ のレベルを基準に判定するものとする、光信号の BER は一般的に数式10のように表すことができる。なお、本明細書において「 $*$ 」は乗算を意味する。

(数式 10)

$$BER = 0.5 * (1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{SN}{2\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt).$$

ここで信号雑音比 SN は、上記信号光量 S と、上記アンプ雑音 N_{amp} との比率 S / N_{amp} である。数式 10 より BER < 10⁻¹² を満足するのは信号雑音比 SN が 14.1 倍 (11.5 dB) のときとなる。ちなみに信号雑音比 SN が 14.1 倍であることを電気パワー比で表すと、14.1² = 約 200 倍、すなわち約 23 dB となる。

本発明は BER < 10⁻¹² 以外の場合にも適用することができる。BER の値を一般化して表すと数式 11 で表され、BER が 10⁻⁸, 10⁻¹⁰, 10⁻¹¹, 10⁻¹², 10⁻¹³ の場合に関して、X はそれぞれ 11.1, 12.0, 12.8, 13.5, 14.1, 14.7 となる。

(数式 11)

$$\frac{S}{N_{amp}} > X$$

実際には、信号光量 S が全ユニットインターバル (UI) の間一定の値をとれるわけではない。現在、光ファイバ通信用の符号化方式としてよく使用される NRZ 符号化方式を使用した場合、最低でもビットレートの倍の -3 dB 帯域幅を持つシステムが必要とされる。例えば、250 Mbps の伝送レートのシステムでは 125 MHz の帯域幅が必要とされる。125 MHz のシステムのアイパターンをみるとその立上り立下り速度は 0.35 / 125 MHz で 2.8 nsec となる。また、光トランシーバから後段の物理層 LSI に伝える位相余裕としては、0.4 UI 程度は最低必要とされる。上記 250 Mbps の UI は 4 nsec であるので、0.4 UI の部分すべてにおいて最大の信号振幅を確保

できるわけではなく、図2に示すように一般的に位相余裕すなわちアイ開口の最も厳しいエッジ部分は立上り立下りのテーパの影響を受ける部分となる。基本的にはアイ開口エッジ部で実質的な振幅Aは必要アイ開口率IOを用いて $(1 - IO) / 2 / 0.35 * S$ と表され、上記例のように必要アイ開口率IOが0.4UIの場合におけるアイ開口エッジ部の振幅Aは信号光量Sの6/7の値となる。

よって必要アイ開口率IOが0.3以上の場合に関して数式11は数式12のように表される。

(数式12)

$$\frac{S * (1 - IO) / 0.7}{N_{amp}} > X$$

次に、反射戻り光n1～n3がある場合を考える。反射戻り光n1～n3による光クロストークがある場合、反射戻り光による雑音は光信号の光量が反射戻り光量の分だけ低減すると考えることができる。そこで、反射戻り光n1～n3の光量をそれぞれN1, N2, N3とすると、最終的に数式13を満足する必要がある。

(数式13)

(a) IO ≥ 0.3 のとき

$$\frac{S * (1 - IO) / 0.7 - (N1 + N2 + N3)}{N_{amp}} > X$$

(b) IO < 0.3 のとき

$$\frac{S - (N1 + N2 + N3)}{N_{amp}} > X$$

信号雑音比SNが最悪の状態は、通常、信号光量Sが最も小さいときに発生し、電氣的な雑音の中では上記プリアンプによるアンプ雑音Nampが支配的となる。この雑音電流に対し、上述のようにシステムの立上り立下り時間を考慮した上で、信号光量Sから反射戻り光n1～n3

に対応する光量 N_1 , N_2 , N_3 を差し引いた値をある一定値以上に維持する必要があることになる。

なお、本明細書で用いる記号の意味をまとめると次のようになる。

5 アンプ雑音 N_{amp} は、第2モジュール 12b の受信部 14b における初段のプリアンプによる雑音電流の rms 値を光量に換算した値を意味する。

信号雑音比限界値 X は、反射戻り光がない場合に所定の BER を実現する信号雑音比 SN の限界値を意味する。

0 信号光量 S は、光ファイバ 11 から出射され、第2モジュール 12b における受信部 14b のフォトダイオードに結合する信号光の光量を意味する。信号光量 S は、出射される放射光の全光束を光パワーメータ等で受光して測定することができる。

15 許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 において光ファイバ 11 への結合光出力として許容される値の最小値を意味する。

許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 において光ファイバ 11 への結合光出力として許容される値の最大値を意味する。

20 送信側ファイバ結合光出力 S_1 は、第1モジュール 12a (送信側) の送信部 13a から送信される信号光 s_1 のうち光ファイバ 11 へ結合する光量を意味する。送信側ファイバ結合光出力 S_1 は、減衰の無視できる短い (例えば 1 m) 光ファイバの一端へ信号光 s_1 を結合させ、他端から出射される光の光量を測定することにより測定することができる。

送信側最小ファイバ結合光出力 S_{1min} は、同一の光源および同一の

20

光学系を使用した第1モジュール12aの群において、光源や光学系の特性のバラツキによる上記送信側ファイバ結合光出力S1のバラツキ範囲の最小値を意味する。

許容最小透過効率 PT_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム10で許容される光ファイバ11の最小透過効率を意味する。

許容最大透過効率 PT_{max} は、一芯全二重双方向光通信システム10で許容される光ファイバ11の最大透過効率を意味する。

送信光透過効率 $PT1$ は、第1モジュール12a（送信側）の送信部13aから送信され、光ファイバ11へ結合した光量のうちどれだけの光量が光ファイバ11を透過するかを示す効率を意味する。送信光透過効率 $PT1$ は、長さの異なる光ファイバに対して同一のファイバ結合光出力で光を入射させ、それぞれの光ファイバからの出射光量を測定することにより算出することができる。

送信光最小透過効率 $PT1_{min}$ は、同一の光源および同一の光学系を使用した第1モジュール12aの群からの送信光（信号光s1）に関して、光源や光学系の特性のバラツキによる上記送信光透過効率 $PT1$ のバラツキ範囲の最小値を意味する。

近端反射率 NR は、第2モジュール12bから送信された信号光s2のうち、端面11bおよび第2モジュール12b内での漏れ散乱等の内乱光（迷光成分）として第2モジュール12b自身の受信部14bで受信される光量を表すための値であって、そのように受信される光量の上記許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} に対する割合を意味する。

遠端反射率 FR は、第2モジュール12bから送信された信号光s2のうち、第1モジュール12a側の端面11aでの反射率 PF_R と、相手

21

側モジュールである第1モジュール12aでの反射率MFRとを合わせた反射率を意味する。

最小受信効率 R_{min} は、光ファイバ11から出射される光量のうち第2モジュール12bにおける受信部14bのフォトダイオードに結合する光量の割合の最小値を意味する。

全ユニットインターバルUI (Unit Interval) は、システムの単位周期を意味する。

必要アイ開口率IOは、上記全ユニットインターバルUIを1としたときの必要アイ開口率を意味する。

アイ開口エッジ部振幅Aは、アイパターンの位相余裕エッジ部での信号振幅を意味する。

なお、「一芯全二重双方向光通信システム10で許容される」とは、一芯全二重双方向光通信システム10の規格等によって許容されていることを意味する。

〔実施形態1〕

部屋の中、または隣接する部屋にある機器間を光ファイバで結ぶ場合、10mの配線長があれば十分である。ここでは、一芯全二重双方向光通信システム10における光ファイバ11として長さ10mの三菱レイヨン製SI (ステップインデックス) 型プラスチック光ファイバMH4001を使用し、伝送容量12.5Mbpsの比較的低速の第1モジュール12aと、伝送容量250Mbpsの比較的高速の第2モジュール12bとが混在している場合を想定する。また、後段の物理層のLSIが要求する位相余裕は一般的な0.4UIとする。

主要な構成部品は次の通りである。まず、第1モジュール12a (伝

22

送容量 125 Mbps 側) では、受信部 14a のフォトダイオードとしてシャープ製の受光部径 $\phi 440 \mu\text{m}$ 高速 PIN-PD、プリアンプとしてシャープ製 fc 125 MHz 品 (アンプノイズ 55 nA)、送信部 13a の送信器としてシャープ製赤色 LED、LED ドライバとしてシャープ製 fc 125 MHz のものを使用した。また、第 2 モジュール 12b (伝送容量 250 Mbps 側) では、受信部 14b のフォトダイオードとしてシャープ製の受光部径 $\phi 350 \mu\text{m}$ 高速 PIN-PD、プリアンプとしてシャープ製 fc 250 MHz 品 (アンプノイズ 98 nA)、送信部 13b の送信器としてシャープ製赤色 LD (RIN-120 dB)、LD ドライバとしてマキシム社製 Max 3766 を使用した。

また、信号雑音比 SN を決定する主要なパラメータの値は次の通りである。光ファイバ 11 における単位長さ当たりの最小透過効率は -0.51 dB/m (送信器が LED の場合)、最大透過効率は -0.15 dB/m (送信器が LD の場合) である。この一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} は -2.7 dBm 、許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} は -10.9 dBm である。光ファイバ 11 と受信部 14a・14b のフォトダイオードとの受信結合効率の最悪値が -8 dB である。反射戻り光 $n1$ による近端反射率 NR は 0.1% (S_{max} 比)、反射戻り光 $n2 \cdot n3$ による遠端反射率 FR は 1.4% である。また、この一芯全二重双方向光通信システム 10 の最小消光比を 10 とした。

信号雑音比 SN が最悪となるのは、最小透過効率が -0.51 dB/m となる LED を使用した 125 Mbps の第 1 モジュール 12a から、最大透過効率が -0.15 dB/m となる LD を使用した 250 Mbps

23

s の第 2 モジュール 1 2 b へ光信号を送信する場合である。そこで、この最悪の組み合わせにおける信号雑音比 S N を光ファイバ 1 1 のファイバ長ごとに求めた結果を図 3 に示す。光ファイバ 1 1 のファイバ長が 10 m のとき信号雑音比 S N が最悪となるが、それでも目標である 23 dB 以上を満足している。

信号雑音比 S N は、L D または L E D の光出力を上げる、すなわちファイバ結合光出力を相対的に底上げすることで向上させることが可能である。しかし、一芯全二重双方向光通信システム 1 0 を一般家庭で使用することを考えると、目への安全性や消費電力、発光素子の寿命等を考慮し、平均値表示で -2.7 dBm 程度が限界となる。ちなみに、ファイバ結合光出力の最小値は、L E D の場合 A P C 等がかけられないことや光ファイバへの結合バラツキを考慮すると -10.9 dBm 程度となる。

また、光ファイバ 1 1 の口径が 1 mm とフォトダイオードの受光部径に対して大きいこと、送信光に L E D 光を使用した場合には光ファイバ 1 1 からの出射 N A が大きいこと等を考慮し、さらに送受信を波面分割若しくは偏光分割する際のロス等を考慮すると受信結合効率の最悪値は -8 dB 程度になる。

遠端反射率 F R は、例えば、光ファイバ 1 1 が S I 型プラスチック光ファイバの場合、端面斜め加工や球加工によりある程度減らすことが可能であり、光ファイバ 1 1 自体の遠端反射率 P F R を 0.7% 程度に抑えることができる。また、相手モジュールによる遠端反射率に関しても、素子の傾斜等の対策を施すことにより実験上 0.7% 程度に抑えることができることを確認した。そこで、反射戻り光 $n_2 \cdot n_3$ による遠端反

射率 FR は 1.4% とした。

近端反射率 NR は、光ファイバ 11 の入射端での散乱等を考慮すると許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} の $1/1000$ が妥当な値となる。

5 この場合、図 3 に示すように 10m 伝送した後も電気パワー換算した信号雑音比 SN は 23 dB 以上得られ、 $BER < 10^{-12}$ の非常に優れた伝送品質を得ることができる。

一方、遠端反射率 FR が仮に 2.4% になってしまうと、信号雑音比 SN は図 4 に示すように 10m 伝送すると 20.5 dB となり、目標となる 23 dB を満足することができなくなる。

10 ここで、一芯全二重双方向光通信システム 10 において、第 1 モジュール 12a から第 2 モジュール 12b へ信号を伝送する場合を考える。

15 上記数式 13 (a) は数式 14 に変形することができる。ここで、第 2 モジュール 12b の受信部 14b に備えられたフォトダイオードに結合する信号光の光量である信号光量 S としては、信号雑音比 SN が最悪となる条件を想定する必要がある、このとき信号光量 S は数式 15 のように表すことができる。

(数式 14)

$$(1-IO)/0.7 > \frac{(N1+N2+N3)}{S} + X * \frac{N_{amp}}{S}$$

20 (数式 15)

$$S = S_{min} * PT_{min} * R_{min}$$

ここで、許容最小透過効率 PT_{min} は一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される光ファイバ 11 の最小透過効率であり、上記単位長さ当たりの最小透過効率に光ファイバ 11 の長さを乗じたものである。

また、最小受信効率 R_{min} は光ファイバ 11 から出射される光量のうちフォトダイオードに結合する光量の割合であり、（フォトダイオードに結合する光量）／（光ファイバから出射される光量）の値で表される。

また、光クロストークとなる反射戻り光 $n1 \sim n3$ の光量の合計 $N1 + N2 + N3$ は、図 1 より光クロストークとなる自分自身の信号光量が最も強いときを想定して数式 16 のように表すことができる。

（数式 16）

$$N1 + N2 + N3 = S_{max} * ((MFR + PFR) * PT_{max}^2 * R_{min}) + NR$$

ここで、許容最大透過効率 PT_{max} は一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される光ファイバ 11 の最大透過効率であり、上記単位長さ当たりの最大透過効率に光ファイバ 11 の長さを乗じたものである。

これらを数式 14 に代入して整理すると数式 17 (a) が得られる。同様に、数式 13 (b) を変形することにより数式 17 (b) が得られる。BER を所定値未満とするためには数式 17 を満足する必要がある。

（数式 17）

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1 - IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{min}}$$

なお、数式 17 (a) (b) の各右辺における分母と遠端反射率 FR とが主に第 1 モジュール 12 a によって決定され、遠端反射率 FR 以外の分子が主に第 2 モジュール 12 b によって決定されることになる。

ここで、一般に、許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} や許容最小フ

ファイバ結合光出力 S_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 の規格により定められる。また、許容最大透過効率 P_{Tmax} および許容最小透過効率 P_{Tmin} は、使用する光源の波長と励振 NA に依存し、通常はこの波長および励振 NA も規格で定められる。したがって、規格を満たす一芯全二重双方向光通信システム 10 は、ファイバ結合光出力が許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} ~ 許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} の範囲で、光ファイバ 11 の透過効率が許容最小透過効率 P_{Tmin} ~ 許容最大透過効率 P_{Tmax} の範囲のものとなる。

信号雑音比 SN を所定値以上とするためには、受信側、つまり第 2 モジュール 12 b 側で近端反射率 NR と最小受信効率 R_{min} との比率 NR/R_{min} 、およびアンプ雑音 N_{amp} と最小受信効率 R_{min} との比率 N_{amp}/R_{min} を一定値未満にするか、送信側、つまり第 1 モジュール 12 a 側で遠端反射率 FR を一定値未満にする必要がある。

ここで、一芯全二重双方向光通信システム 10 全体を考えると、受信時は相手側モジュール、すなわち送信側モジュールの遠端反射率 FR の値さえ決まっていれば、一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容されるファイバ結合光出力 S_{min} ~ S_{max} の範囲で、光ファイバ 11 の許容透過効率 P_{Tmin} ~ P_{Tmax} の範囲を考慮して、 NR/R_{min} の値を数式 17 を満足するように設定すればよいことになる。すなわち、 NR/R_{min} の値は条件を満たす範囲で任意に調整可能であるが、遠端反射率 FR は受信側では調整できないので送信側で一定値未満にしておく必要がある。

本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 10 の場合、近端反射率 NR は光ファイバ 11 への信号光 s_2 の入射時の散乱等により

約 0.1%、最小受信効率 R_{min} は受信部 14b のフォトダイオードと光ファイバ 11 のファイバ径の差や、送受信の分割効率、ファイバ放射光の広がり等のため下限は最悪 20% 程度となり、 NR/R_{min} の値は 0.005 になる。

5 上述のように遠端反射率 FR は送信側で一定値未満にする必要があるが、例えば短距離で、かつ、光ファイバ 11 の透過効率が大きい上述した一芯全二重双方向光通信システム 10 の場合、送信側の遠端反射率 FR を非常に小さい値にする必要がある。その結果、モジュールの設計の自由度が下がってしまう。

0 そこで本実施形態では、次のようにして各条件を定めることとする。数式 17 において遠端反射率 FR を所定値未満にできない場合、この遠端反射率 FR を変数と考える。遠端反射は送信側（ここでは第 1 モジュール 12a 側）で発生する反射であるので、送信信号自体にノイズが加算されていると考えてもよい。

5 そして、そのノイズ分、送信側ファイバ結合光出力 S_1 を上げておくと、遠端反射で増大したノイズ分をキャンセルすることが可能になる。数式 17 における「 S_{min} 」の部分はこの一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容されるファイバ結合光出力 $S_{min} \sim S_{max}$ の範囲を逸脱しなければ送信側で任意に設定することができる値である。したがって、数式 17 における「 S_{min} 」の部分を調整可能な変数である送信側ファイバ結合光出力 $S_{1_}$ と考えることができる。

10 その結果、数式 17 を数式 18 のように表すことができる。なお、記号の後に付した「 $_$ 」は、その記号が変数であることを示している。

(数式 18)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_{-} * PT_{\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_{-} * PT_{\min}}$$

したがって、遠端反射率 FR の値によって、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ を調整すれば比較的大きな遠端反射も許容されることになる。上記具体例の場合、例えば送信側ファイバ結合光出力 $S1$ を -10.5 dBm とするだけで、遠端反射率 FR を 2% まで許容できるようになる。

また、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ でなく、数式 17 における許容最小透過効率 PT_{\min} は、送信側である第 1 モジュール 12a における送信部 13a から送信される送信光（信号光 $s1$ ）の励振 NA を変更する、あるいは波長を管理することで向上させることができる。そこで、数式 17 における「 PT_{\min} 」の部分进行调整可能な変数である送信光透過効率 $PT1_{-}$ として考えると、数式 17 を数式 19 のように表すことができる。

(数式 19)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

このように送信側ファイバ結合光出力 $S1_{-}$ または送信光透過効率 P

T 1 __を変化させたときに、信号雑音比 S N が 1 4 . 1 倍（光パワー比、電気パワー比では 2 0 0 倍）を満たす遠端反射率 F R を求めたグラフをそれぞれ図 5 および図 6 に示す。送信側ファイバ結合光出力 S 1 __または送信光透過効率 P T 1 __が大きいほど、許容できる遠端反射率が大きくなることわかる。

そこで、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 1 0 の製造方法では、数式 1 8 に基づいて、第 1 モジュール 1 2 a 側における遠端反射率 F R __に応じて、第 1 モジュール 1 2 a の光ファイバ 1 1 への結合光出力である送信側ファイバ結合光出力 S 1 __を調節する。

あるいは、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 1 0 の製造方法では、数式 1 9 に基づいて、第 1 モジュール 1 2 a 側における遠端反射率 F R __に応じて、第 1 モジュール 1 2 a から出射される第 1 信号光 s 1 に関する光ファイバ 1 1 での透過効率である送信光透過効率 P T 1 __を調節する。

これらの製造方法では、まず、実際に一芯全二重双方向光通信システム 1 0 を構成する部材を用いて、第 1 モジュール 1 2 a 側における遠端反射率 F R __を把握する。そして、把握した遠端反射率 F R __に基づいて送信側ファイバ結合光出力 S 1 __あるいは送信光透過効率 P T 1 __を調節する。

ここで、遠端反射率 F R __に応じて送信側ファイバ結合光出力 S 1 __あるいは送信光透過効率 P T 1 __を調節することの利点についてさらに説明する。

一般に、各種光学系において光ファイバから出射される光の受信器への受信効率と遠端反射率とはトレードオフの関係にあることが確認され

ている。このことは、受信効率と遠端反射率との関係の一例を示す図 7 に現れている。図 7 は、直径 1 mm の P O F を使用し、光ファイバ端の光線におけるピーク強度の半値となる角度で表現した出射 N A が 0. 3 5 となる光量分布のときの受信効率と、受信器からの遠端反射率との関係

5 係を求めたものである。

この理由を図 8 (a) (b) に基づいて説明する。図 8 (a) (b) は、光ファイバ 2 1 から出射される光の受信器 2 2 への受信効率と遠端反射率とがトレードオフの関係にあることを説明するための図面である。

遠端反射率を小さくするために、出射光 s 2 1 の反射光 s 2 2 を光ファイバ 2 1 へ幾何学的に戻さないようにするには、図 8 (b) に示すように受信器 2 2 の受光面 2 2 a を傾斜させるのがよい。しかし、受光面 2 2 a を傾斜させると、出射光 s 2 1 に対する受信器 2 2 の実質的な受光面積が低下する、つまり出射光 s 2 1 の受信器 2 2 上での投影面積が広がることになる。このことから、光ファイバから出射される光の受信器への受信効率と遠端反射率とはトレードオフの関係にあることがわかる。

15 20

次に、受信効率と遠端反射率とが信号雑音比 S N (アイ開口率 I O) に対してどのように影響するかを考える。上記数式 1 8 からわかるように、遠端反射率 F R _ は 1 項に影響を及ぼすのみであるが、受信効率 (数式 1 8 における最小受信効率 R m i n) は 2 項にわたって影響を及ぼす。したがって、受信効率の方が信号雑音比 S N に与える影響が大きいと予想される。

このことは、図 9 (a) (b) により確認することができる。図 9 (a) (b) は、5 0 0 M b s で伝送する試作品において受信効率と遠

31

端反射率とがアイ開口率 I_O にどのような影響を及ぼすかを調べた結果を表すグラフである。図 9 (a) は、遠端反射率 1.4 % (受信器の反射率 0.7 %、受信器側光ファイバ端面の反射率 0.7 %)、図 9 (b) は、遠端反射率 2.1 % (受信器の反射率 1.4 %、受信器側光ファイバ端面の反射率 0.7 %) の場合を示している。図 9 (a) と図 9 (b) とを比較すると、図 9 (a) の場合に対して図 9 (b) の場合では遠端反射率が 1.5 倍になっているが、双方で同一のアイ開口 0.8 ns を得るためには、受信効率を -5.9 dB から -5.7 dB へと僅か 0.2 dB (0.1 %) 改善すればよいことがわかる。

このことから、受信器側において遠端反射率を犠牲にしても受信効率がよい光学系を作成したほうが性能の良い (信号雑音比 SN がよい、アイ開口率 I_O が大きい、BER が低い) 受信器が得られることがわかる。

ここで、図 1 に示した一芯全二重双方向光通信システム 10 について考える。注意しなければならないことは、第 2 モジュール 12 b が受信効率を上げることにより第 2 モジュール 12 b 自体の信号雑音比 SN を改善することができるが、第 2 モジュール 12 b における遠端反射率 (第 1 モジュール 12 a からみた第 2 モジュール 12 b の遠端反射率) を上げようが下げようが第 2 モジュール 12 b 自体の信号雑音比 SN には影響しない。第 2 モジュール 12 b における遠端反射率は第 2 モジュール 12 b での受信ではなく第 1 モジュール 12 a での受信に影響を及ぼす。つまり、第 2 モジュール 12 b の信号雑音比 SN には第 2 モジュール 12 b の受信効率と第 1 モジュール 12 a における遠端反射率とが影響を及ぼす。

32

このような関係から、第1モジュール12aと第2モジュール12bとの間で遠端反射率を予め定められた値に調節するようにすると、遠端反射率によって拘束されることにより信号雑音比SNに影響が大きい受信効率が犠牲になり、結果的に信号雑音比SNの向上を阻害することがある。このことは、遠端反射率と送信光透過効率との関係においてもほぼ同様に成り立つ。

そこで、本実施形態の製造方法では、光ファイバ11からの出射光の第1モジュール12aへの受信効率を優先的に考え、この受信効率に基づいて光ファイバ11に対する第1モジュール12aの配置を決定する。具体的には、例えば受信効率が最も高くなるように光ファイバ11に対する第1モジュール12a（特に受信部14a）の配置を決定する。これは、例えば図8（a）のような配置になる。そして、その配置における遠端反射率FR_{__}の値を把握し、その遠端反射率FR_{__}の値に応じて、数式18あるいは数式19を満たすように送信側ファイバ結合光出力S1_{__}あるいは送信光透過効率PT1_{__}を設定する。

つまり、送信側における受信効率を優先させたことによる送信側における遠端反射率の増大を、送信側自体の送信側ファイバ結合光出力を調節する、あるいは送信側自体から送信される信号光の特性を調節するなどして信号光の光ファイバ透過効率を調節することで、受信側にて受信される信号光の品質を補償することができる。その結果、要求される信号雑音比SN（アイ開口率IO、BER）の条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム10を製造することが可能になる。

また、図8（a）の構成のように図8（b）の構成と比較してシンプルな構成をとりつつ信号雑音比SNの向上を図ることができるため、製

33

造コスト面で有利な一芯全二重双方向光通信システム10を製造することができる。

なお、ここでは第1モジュール12aを送信側、第2モジュール12bを受信側と考えた場合について説明したが、第2モジュール12bを送信側、第1モジュール12aを受信側と考えて上記と同様の設定を行うことで、全体として要求される信号雑音比SNの条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム10を製造することが可能になる。

〔実施形態2〕

実施形態1では、数式18に基づいて、第1モジュール12a側における遠端反射率 FR_{-} に応じて、数式18に基づいて第1モジュール12aの光ファイバ11への結合光出力である送信側ファイバ結合光出力 $S1_{-}$ を調節する、あるいは数式19に基づいて第1モジュール12aから出射される第1信号光 $s1$ に関する光ファイバ11での透過効率である送信光透過効率 $PT1_{-}$ を調節するようにした。

この場合、各モジュールについて遠端反射率を把握した上で送信側ファイバ結合光出力や信号光の光ファイバ透過効率を個々に調節する必要がある。

しかし、送信側ファイバ結合光出力や信号光の光ファイバ透過率は、送信側である第1モジュール12aの送信部13a自体の光学系や光源の種類が決まれば自ずとそのバラツキ範囲が決まることになる。そして、そのバラツキ範囲が一芯全二重双方向光通信システム10で許容される許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} または許容最小透過効率 PT_{min} 内に収まっていけば問題ないことになる。

例えば、上記の例では、第1モジュール12aの送信部13aの光源

としてLEDを用いた場合の最小ファイバ透過効率は10mで-5.1
dBであるのに対し、LDを用いた場合は-3.1dBとなる。また、
LEDを用いた場合の最小ファイバ結合光出力は-10.9dBである
のに対し、LDを用いた場合-7dB~-10dBとなる。これらは上
述のように使用する光源の種類およびその仕様、光学系によって定まる。

そこで、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム10の
製造方法では、遠端反射率と、同一種類のモジュール群の中でとりうる
送信側最小ファイバ結合光出力 S_{1min} あるいは送信光最小透過効
率 P_{T1min} とに基づいて、第1モジュール12aとして採用するモジ
ュール群を決定する。

ここで、送信側最小ファイバ結合光出力 S_{1min} とは、同一種類の
モジュールの群における各モジュールの光ファイバ11への結合光出力
のバラツキの最小値を意味し、送信光最小透過効率 P_{T1min} とは、
同一種類のモジュールの群における各モジュールから出射される信号光
に関する光ファイバ11での透過効率のバラツキの最小値を意味する。
また、同一種類のモジュールとは、注目する特性（ここでは結合光出力
に関係する光出力特性や、透過効率に関係する波長特性等）に関して互
いに同一の特性を有するように形成されたモジュールを意味する。

ここで、数式17における「 S_{min} 」の部分を変数である送信側最
小ファイバ結合光出力 $S_{1min_}$ として考えると、数式17を数式2
0のように表すことができる。また、数式17における「 P_{Tmin} 」
の部分を変数である送信光最小透過効率 $P_{T1min_}$ として考えると、
数式17を数式21のように表すことができる。

(数式 20)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S1_{\min_} * PT_{\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S1_{\min_} * PT_{\min}}$$

(数式 21)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{\min_}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{\min_}}$$

そして、第1モジュール12aとして採用の可能性のあるモジュールの群であって、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の群について、各群における送信側最小ファイバ結合光出力 $S1_{\min}$ あるいは送信光最小透過効率 $PT1_{\min}$ を各群ごとに予め求めておき、第1モジュール12a側における遠端反射率 $FR_$ に応じて、それぞれ $S1_{\min}$ あるいは $PT1_{\min}$ が、それぞれ数式20あるいは数式21を満たす群を選択する。この選択した群に含まれるモジュールを第1モジュール12aとして採用することで、要求される信号雑音比 SN の条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム10を製造することが可能になる。

なお、光ファイバ11からの出射光の第1モジュール12aへの受信効率を優先的に考えて、光ファイバ11に対する第1モジュール12a

の配置を決定する点は実施形態と同様である。

数式 20 または数式 21 によると、数式 18 または数式 19 と比較して許容できる遠端反射率の範囲は狭くなるが、モジュールの特性を個別に調節する手間が省けることになる。

5 なお、上記実施形態 1 または 2 では、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ __ または送信側最小ファイバ結合光出力 $S1_{min}$ __ と、送信光透過効率 $PT1$ __ または送信光最小透過効率 $PT1_{min}$ __ とを、それぞれ単独で変数と考えているが、これに限らず、数式 17 の分母として考え得る値、すなわち、

10 (送信側ファイバ結合光出力 $S1$ __) \times (送信光透過効率 $PT1$ __)、
(送信側最小ファイバ結合光出力 $S1_{min}$ __) \times (送信光最小透過効率 $PT1_{min}$ __)、

(送信側ファイバ結合光出力 $S1$ __) \times (送信光最小透過効率 $PT1_{min}$ __)、または

15 (送信側最小ファイバ結合光出力 $S1_{min}$ __) \times (送信光透過効率 $PT1$ __) それぞれを変数と考えることもできる。

20 以上のように、本発明の光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記 FR __ の値に応じて、数式 18 あるいは数式 19 を満たすように $S1$ __ あるいは $PT1$ __ を設定する方法である。

上記の方法では、アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システ

ムを製造することができるようになる。

5 本発明の光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記FR₁の値に応じて、数式20あるいは数式21を満たすような群に含まれるモジュールを第1モジュールとして用いる方法である。

上記の方法では、第1モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

10 尚、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

15

産業上の利用の可能性

20

本発明は、1本の光ファイバと、この光ファイバの両端にそれぞれ設けられたモジュールを備え、各モジュールが光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造に利用できるものである。

請求の範囲

1. 1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{\text{—}}$ 、

上記第1モジュールの上記光ファイバへの結合光出力を $S1_{\text{—}}$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を PT_{min} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{max} 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を $NR_{\text{—}}$ 、

上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのア

ンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による
上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通
5 信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとき
に上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する
比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基
10 づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、そ
の配置における上記 $FR_$ の値に応じて、

(数式1)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_ * PT_{min}}$$

15 (b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_ * PT_{min}}$$

を満たすように上記 $S1_$ を設定する光通信システムの製造方法。

2. 1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けら
20 れた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュ
ールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通
信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記
光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反

射率を $F R$ __、

上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールの上記光ファイバへの結合光出力のバラツキの最小値を S_{min} __、

5 上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を $P T_{min}$ 、

10 上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を $P T_{max}$ 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を $N R$ 、

15 上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を $N a m p$ 、

20 上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を $I O$ 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 $N a m p$ に対する

比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第 1 モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第 1 モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、 $S1min_$ が、

(数式 2)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{Smax * (\frac{NR}{Rmin} + FR_ * PTmax^2) + X * \frac{Namp}{Rmin}}{S1min_ * PTmin}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{Smax * (\frac{NR}{Rmin} + FR_ * PTmax^2) + X * \frac{Namp}{Rmin}}{S1min_ * PTmin}$$

を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第 1 モジュールとして用いる光通信システムの製造方法。

3. 1 本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第 1 および第 2 モジュールとを備え、上記第 1 および第 2 モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第 2 モジュールからの出射光に関する上記第 1 モジュールと上記光ファイバの上記第 1 モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_$ 、

上記第 1 モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率を $PT1_$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許

42

容されている値の最小値を S_{min} 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を P_{Tmax} 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、

上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 FR の値に応じて、

(数式 3)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$5 \quad 1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

を満たすように上記 $PT1_{-}$ を設定する光通信システムの製造方法。

4. 1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を FR_{-} 、

15 上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率のバラツキの最小値を $PT1_{\min}$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を S_{\min} 、

20 上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{\max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{\max} 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{\min}

a x となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第 2 モジュール側端面および上記第 2 モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第 2 モジュールで受光される光量の上記 S m a x に対する割合を N R、

- 5 上記光ファイバからの出射光の上記第 2 モジュールへの最小受信効率を R m i n、

 上記第 2 モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N a m p、

 上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を I O、

- 10 上記第 2 モジュールにおいて上記第 2 モジュールからの出射光による上記第 2 モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第 2 モジュールで受信する光信号の光量の上記 N a m p に対する比率を X、

- 15 としたときに、

 上記光ファイバからの出射光の上記第 1 モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第 1 モジュールの配置を決定し、その配置における上記 F R _ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、 P T 1 m i n _ が、

(数式 4)

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$5 \quad 1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第 1 モジュールとして用いる光通信システムの製造方法。

5. 請求の範囲第 1 項から第 4 項の何れか 1 項に記載の光通信システムの製造方法において、

上記光ファイバがプラスチック光ファイバである光通信システムの製造方法。

図 1

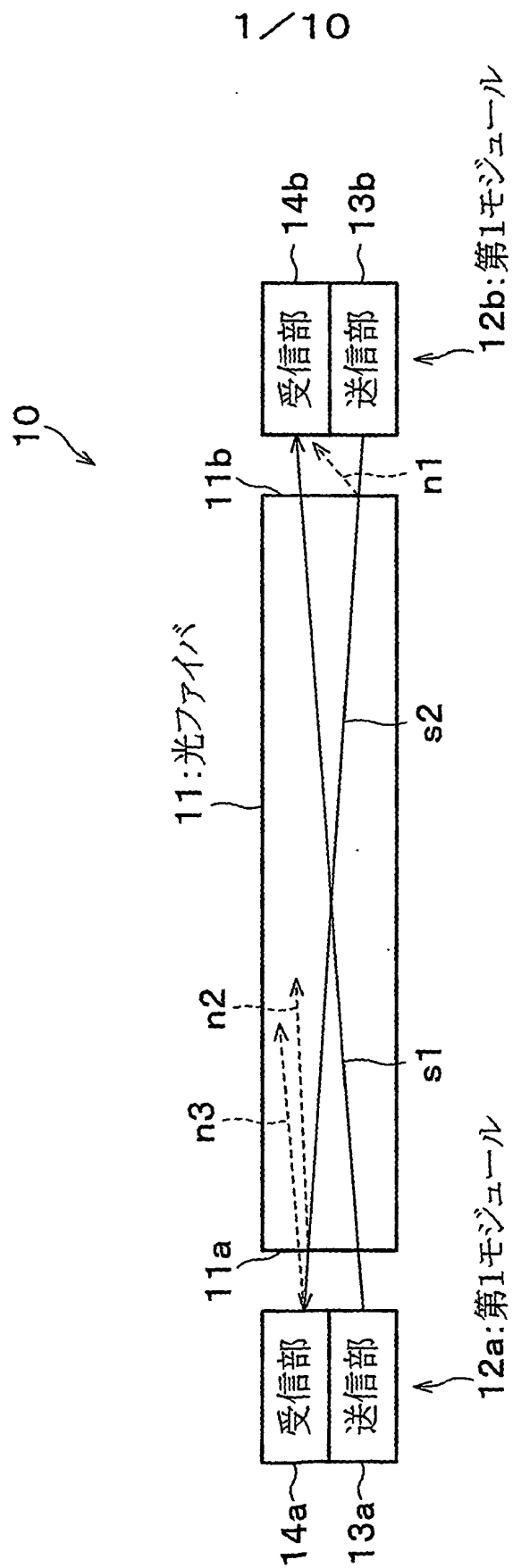
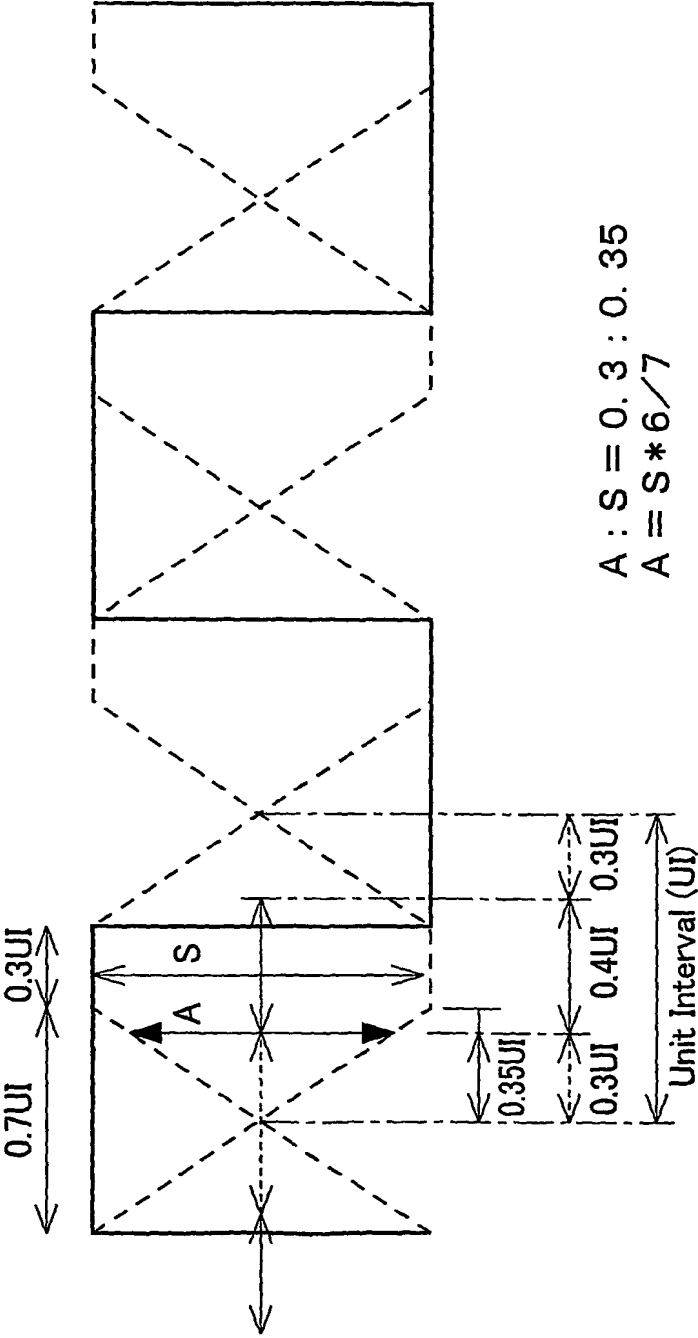


図 2

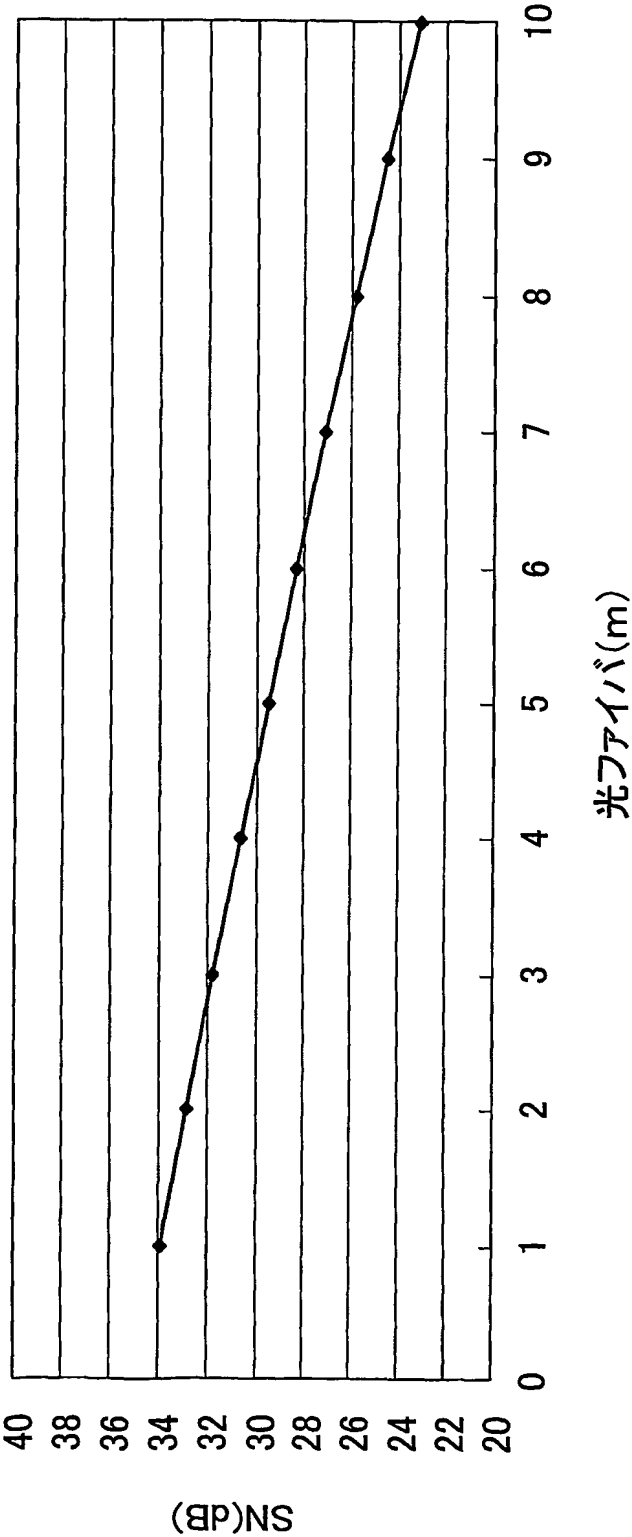


$A : S = 0.3 : 0.35$
 $A = S * 6/7$

- 必要アイ開口 $0.4UI$
- 許容ジッタ部分 $0.6UI$

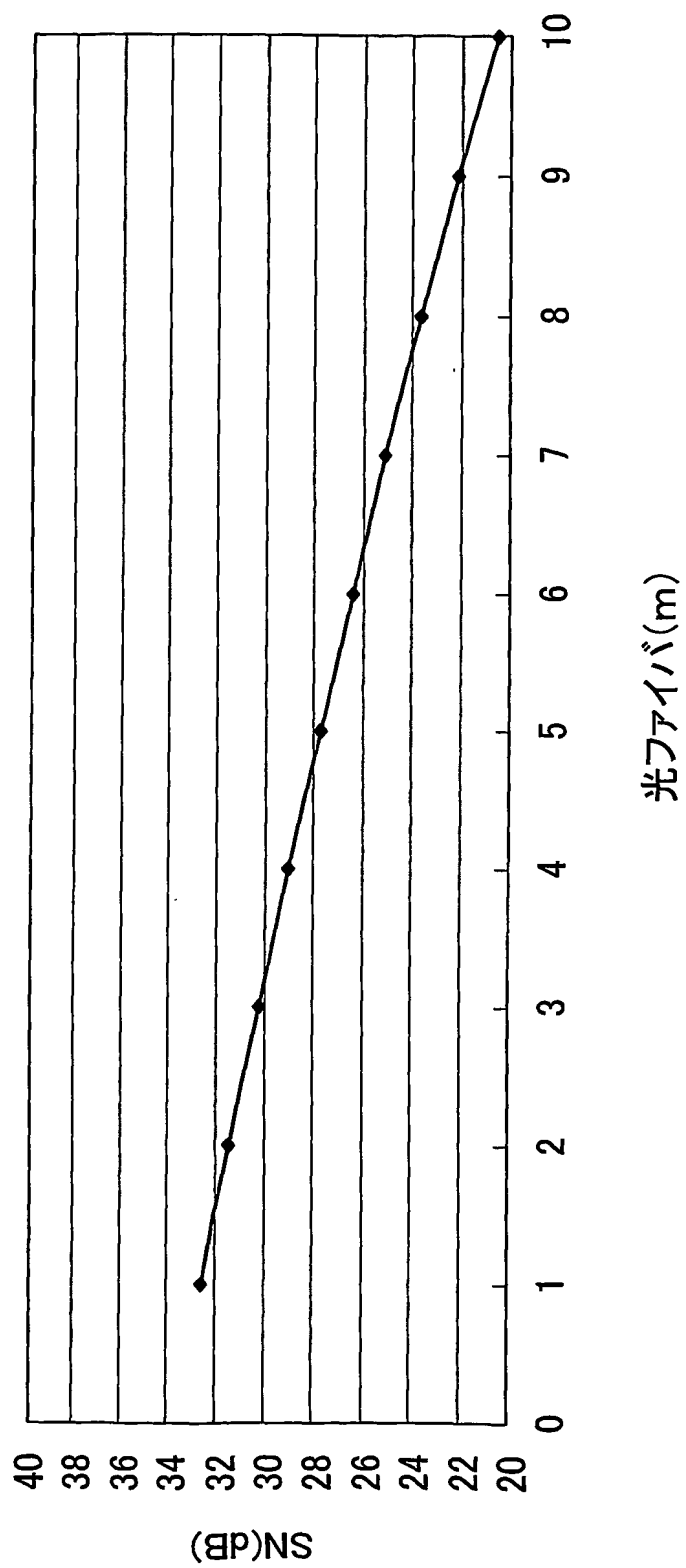
最低限確保する必要がある信号振幅 A

図 3



4/10

図 4



5/10

図 5

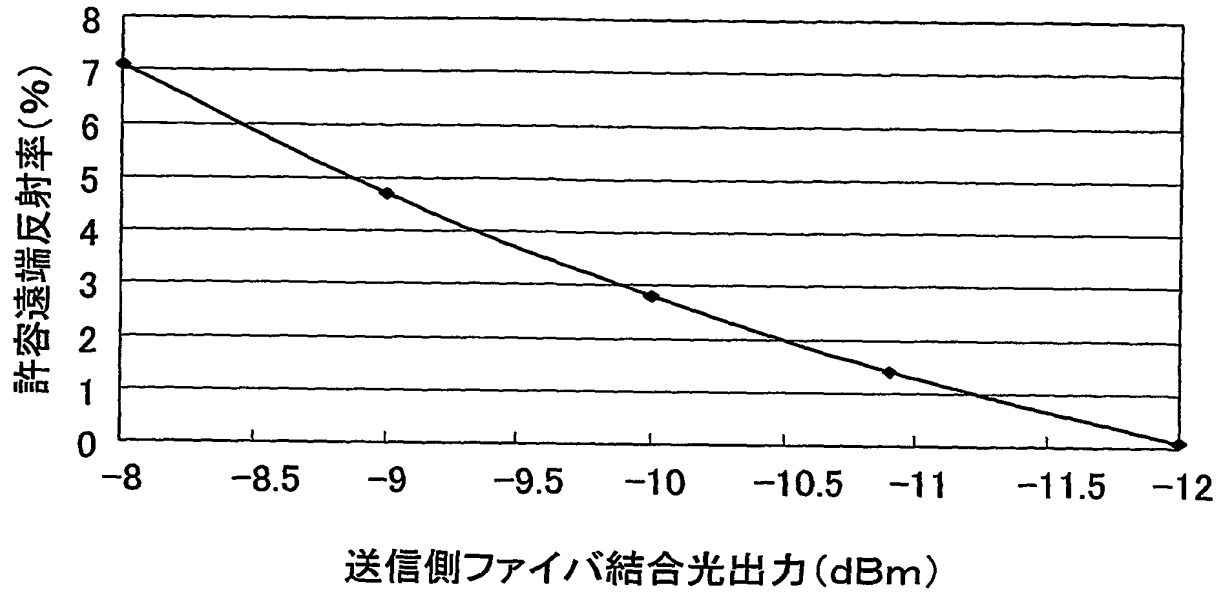
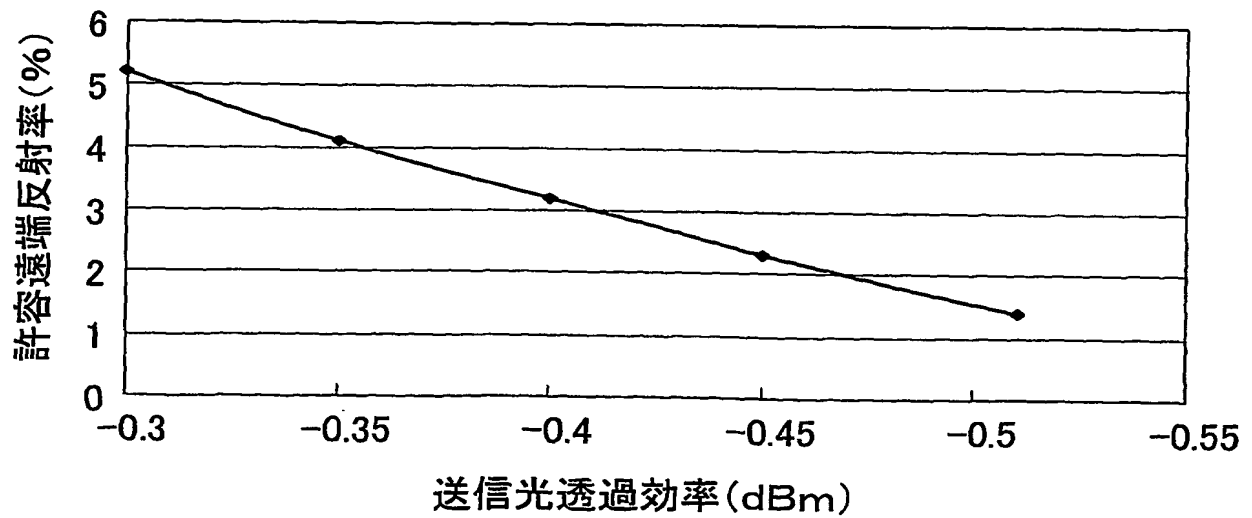


図 6



6/10

図 7

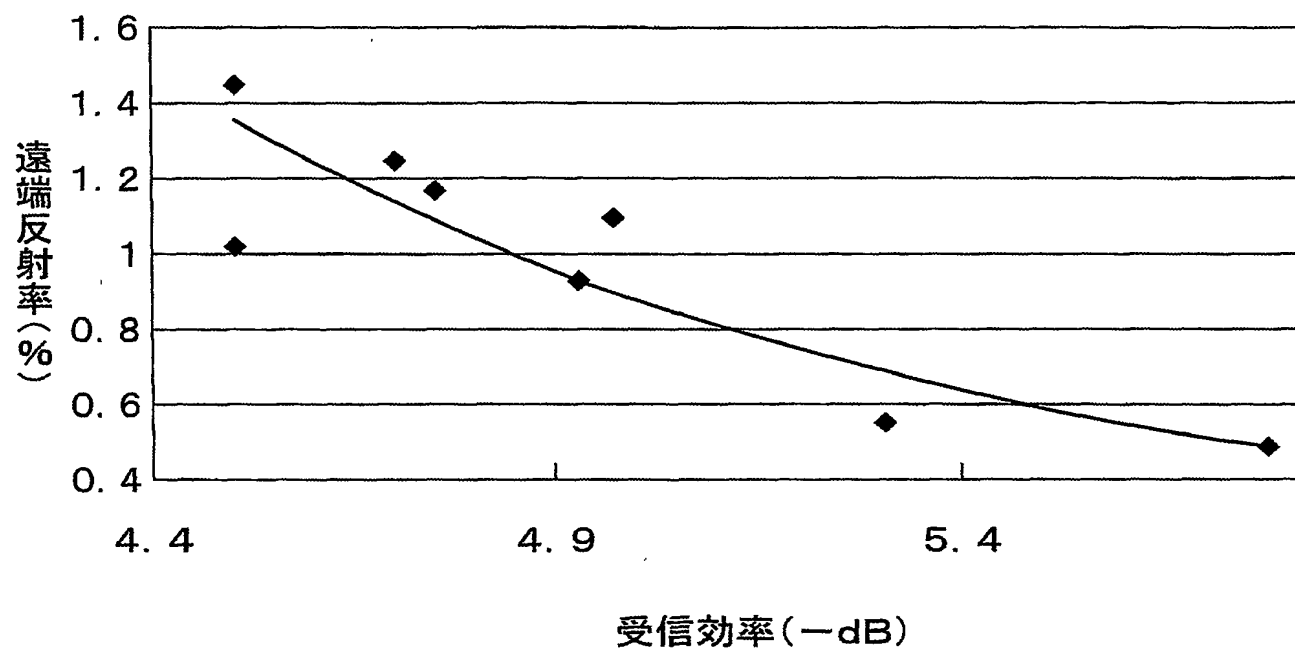


図 8 (a)

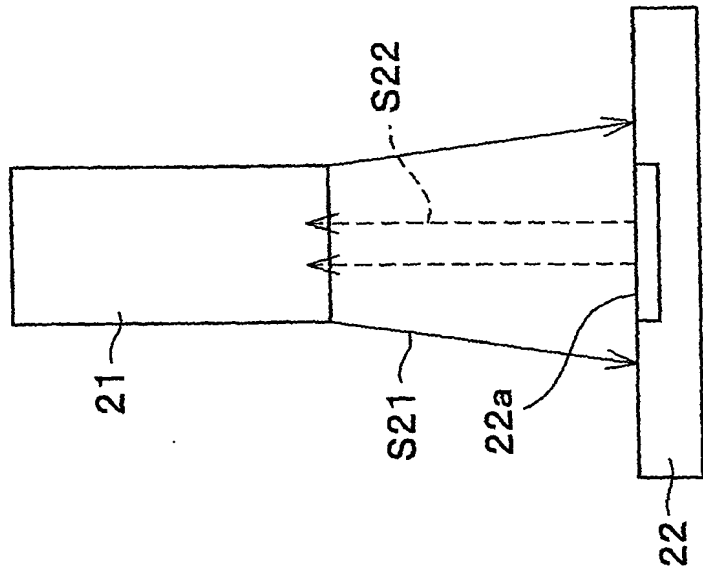
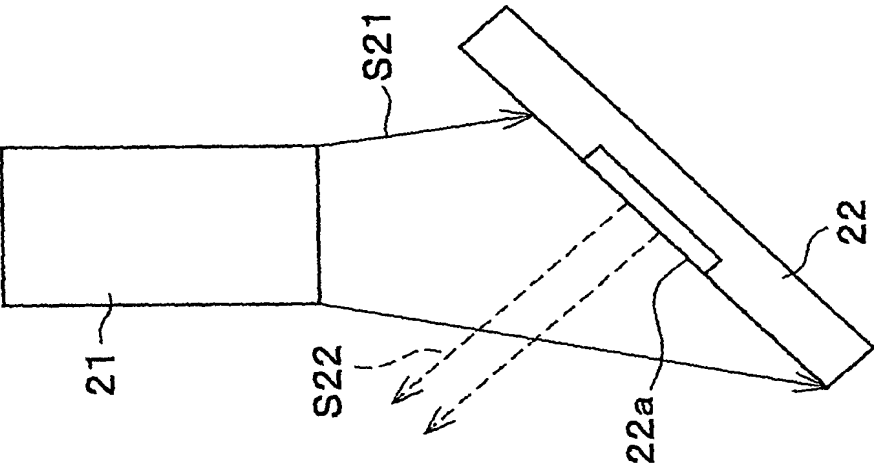


図 8 (b)



8/10

図 9 (a)

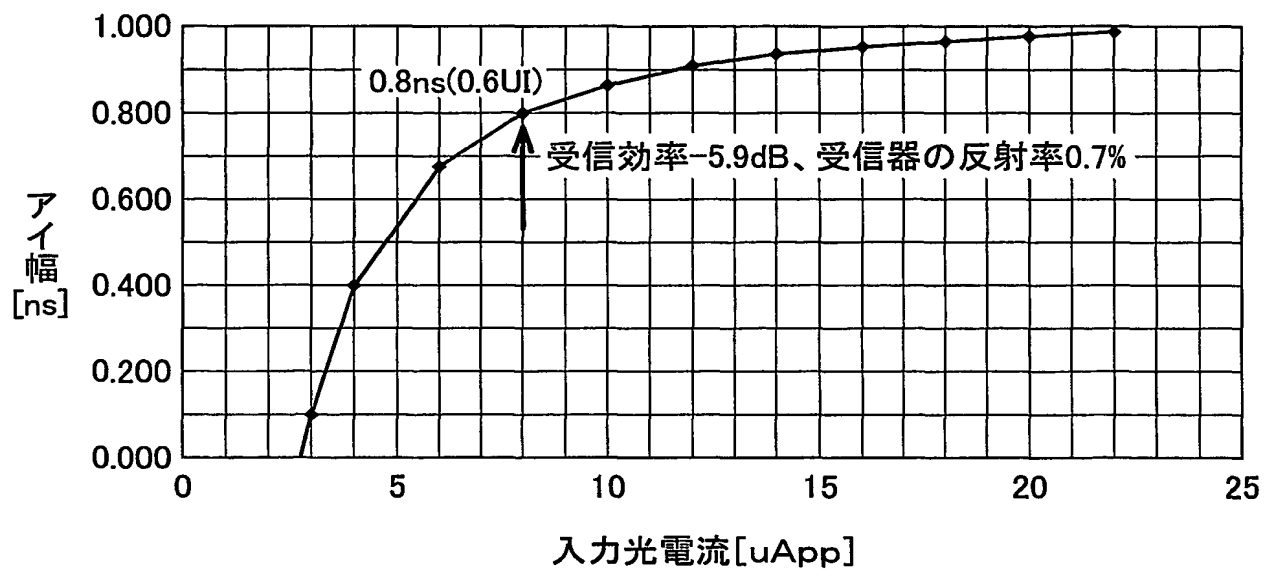
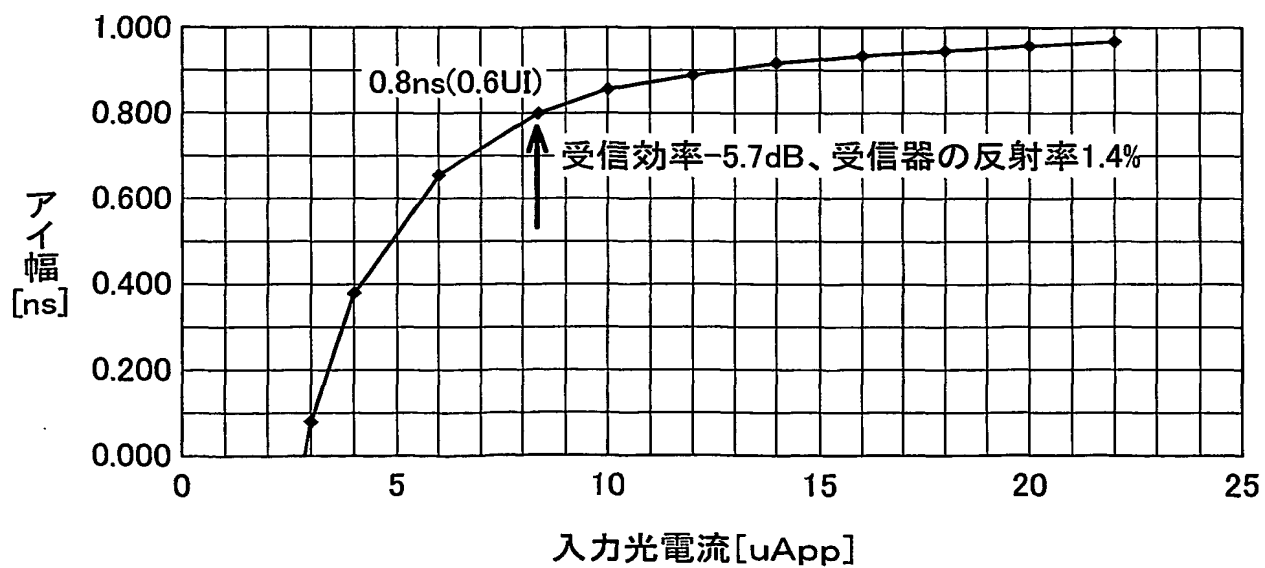
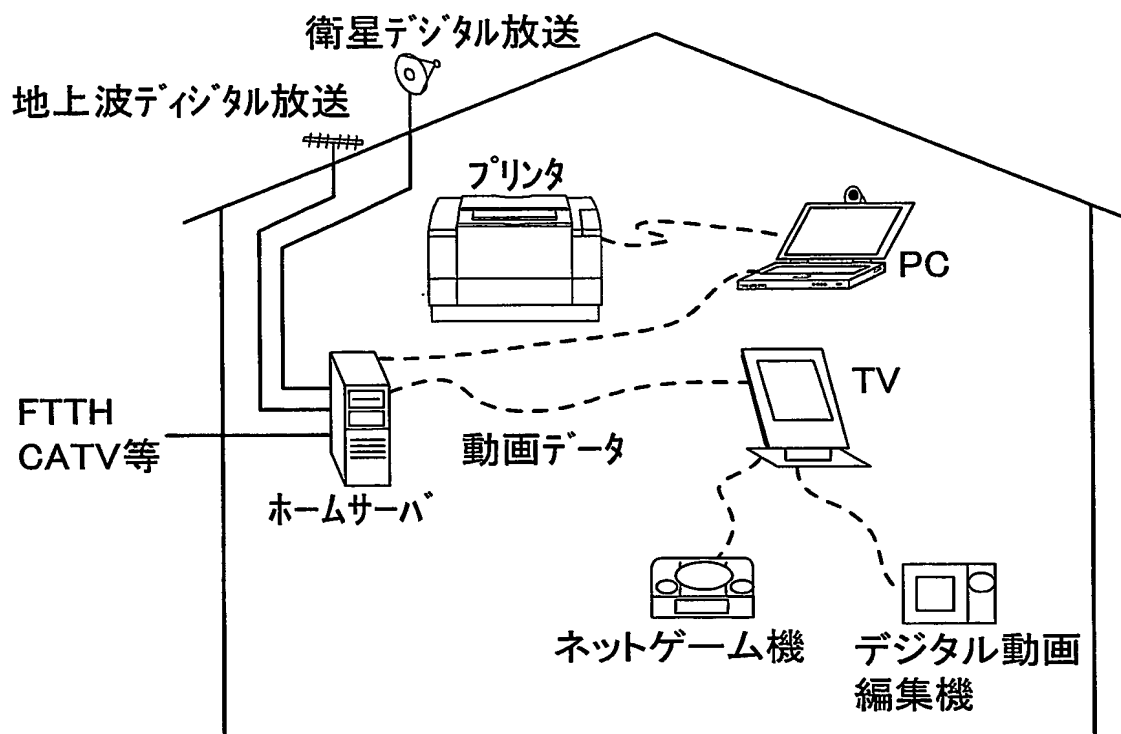


図 9 (b)



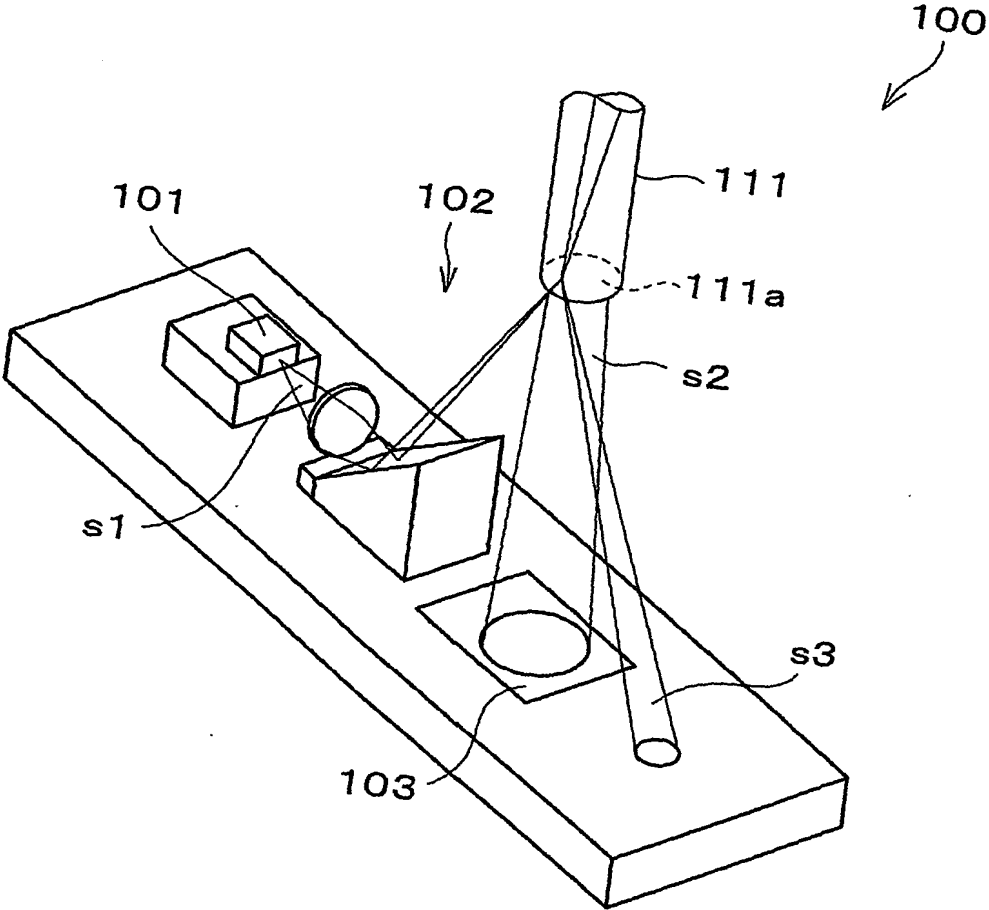
9/10

図 10



10/10

図 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/JP03/04217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04B10/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-188149 A (Sharp Corp.), 10 July, 2001 (10.07.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
A	WO 01/84751 A1 (Sony Corp.), 08 November, 2001 (08.11.01), Full text; all drawings & AU 200152580 A & EP 1209830 A1	1-5
E, A	JP 2003-60585 A (Sony Corp.), 28 February, 2003 (28.02.03), Full text; all drawings & US 2003/0039002 A1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 August, 2003 (11.08.03)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2003 (26.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H04B10/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H04B10/00-10/28
H04J14/00-14/08
G02B 6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-188149 A (シャープ株式会社) 2001. 07. 10 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	WO 01/84751 A1 (ソニー株式会社) 2001. 11. 08 全文, 全図 & AU 200152580 A & EP 1209830 A1	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 08. 03

国際調査報告の発送日

26.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

遠山 敬彦

5 J

9855

電話番号 03-3581-1101 内線 3534

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
EA	JP 2003-60585 A (ソニー株式会社) 2003. 02. 28 全文, 全図 & US 2003/0039002 A1	1-5